

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 924 778 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.06.1999 Patentblatt 1999/25

(51) Int Cl.⁶: H01L 41/09

(21) Anmeldenummer: 98204258.2

(22) Anmeldetag: 15.12.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 20.12.1997 DE 19757139

(71) Anmelder:

- Philips Patentverwaltung GmbH
22335 Hamburg (DE)

Benannte Vertragsstaaten:
DE

- Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)

Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(72) Erfinder:

- Diefenbach, Gerhard
Röntgenstrasse 24, 22335 Hamburg (DE)
- Reichinger, Christian, Dr.
Röntgenstrasse 24, 22335 Hamburg (DE)
- Wendt, Matthias, Dr.
Röntgenstrasse 24, 22335 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: Peters, Carl Heinrich, Dipl.-Ing. et al

 Phillips Patentverwaltung GmbH,
Röntgenstrasse 24
22335 Hamburg (DE)

(54) **Antriebsvorrichtung für wenigstens zwei Rotationselemente mit wenigstens einem piezoelektrischen Antriebselement**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Antriebsvorrichtung für wenigstens zwei Rotationselemente mit wenigstens einem piezoelektrischen Antriebselement. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine derartige Antriebsvorrichtung zu schaffen, welche einen guten Wirkungsgrad aufweist und eine flexible Positionierung der Rotationselemente ermöglicht.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Antriebselement einen piezoelektri-

schen Resonator und wenigstens zwei an dem piezoelektrischen Resonator angeordnete und einander gegenüberliegende Reibelemente aufweist, daß der piezoelektrische Resonator mit den Reibelementen zwischen den zwei Rotationselementen angeordnet und mittels einer Vorspannkraft eingespannt ist, daß jeweils eines der Reibelemente gegen jeweils eines der Rotationselemente drückt und daß elektrische Mittel zum Anregen einer Schwingung des piezoelektrischen Resonators vorgesehen sind.

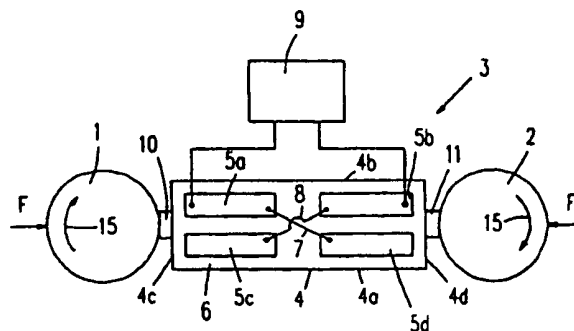


FIG.1

EP 0 924 778 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Antriebsvorrichtung für wenigstens zwei Rotationselemente mit wenigstens einem piezoelektrischen Antriebselement.

[0002] Eine derartige Antriebsvorrichtung ist beispielsweise aus der DE 35 00 607 C2 bekannt. Diese bekannte Antriebsvorrichtung weist piezoelektrische Dickenschwinger auf, deren Dickenschwingungen mit Hilfe eines Torsionskopplers in Torsionsschwingungen eines Torsionsresonators überführt werden.

[0003] Eine derartige Anordnung hat einen geringen Wirkungsgrad, da das aktive Piezovolumen wesentlich kleiner ist als das Volumen des anzuregenden Torsionsresonators. Der Achsabstand zwischen den einzelnen Rotationselementen ist bei dieser bekannten Antriebsvorrichtung durch die Abmessungen des Torsionsresonators bestimmt. Eine Drehrichtungsumkehr ist nur möglich, wenn die Motoreinheit relativ zu den Achsen verschoben wird.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine andere Antriebsvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche einen höheren Wirkungsgrad aufweist und eine flexiblere Positionierung der Rotationselemente ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das piezoelektrische Antriebselement einen piezoelektrischen Resonator und wenigstens zwei an dem piezoelektrischen Resonator angeordnete und einander gegenüberliegende Reibelemente aufweist, daß der piezoelektrische Resonator mit den Reibelementen zwischen den zwei Rotationselementen angeordnet und mittels einer Vorspannkraft eingespannt ist, daß jeweils eines der Reibelemente gegen jeweils eines der Rotationselemente drückt und daß elektrische Mittel zum Anregen einer Schwingung des piezoelektrischen Resonators vorgesehen sind.

[0006] Mittels der elektrischen Mittel werden der piezoelektrische Resonator und die an dem piezoelektrischen Resonator befestigten Reibelemente zusammen zu einer Schwingung angeregt. Die schwingenden Reibelemente drücken in periodischer Abfolge gegen jeweils eines der Rotationselemente, wodurch eine Reibkraft zwischen den Rotationselementen und den Reibelementen auftritt. Infolge dieser Reibkraft werden die Rotationselemente gedreht. Die Vorspannkraft gewährleistet einen zuverlässigen Andruck der Reibelemente gegen die Rotationselemente.

[0007] Der piezoelektrische Resonator wirkt bei dieser Antriebsvorrichtung mittels der Reibelemente direkt auf die Rotationselemente ein. Es ist kein zusätzlicher Resonator erforderlich. Daher ist das benötigte Volumen für das piezoelektrische Antriebselement deutlich geringer als bei der Anordnung gemäß DE 35 00 607 C2. Der erreichbare Wirkungsgrad ist deutlich größer und liegt in der Größenordnung von 10%. Die Geometrie des piezoelektrischen Resonators ist vorzugsweise rechteckförmig. Dadurch läßt sie sich flexibel an unter-

schiedliche Achsabstände der Rotationselemente anpassen. Eine derartige Antriebsvorrichtung bietet dem Konstrukteur viele Freiheiten. Die Anzahl der Rotationselemente kann nahezu beliebig durch eine Änderung der Anzahl der verwendeten piezoelektrischen Antriebselemente erhöht bzw. erniedrigt werden.

[0008] Unter Rotationselementen werden rotierbare Elemente, z.B. Antriebsachsen oder Antriebsräder verstanden.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der piezoelektrische Resonator als monomodaler Resonator ausgeführt. Der monomodale Resonator kann entweder ein Längsschwinger oder ein Biegeschwinger sein. Wird der monomodale Resonator als Längsschwinger ausgeführt und zwischen zwei Rotationselementen angeordnet, so wird die Schwingungsachse des längsschwingenden Resonators vorzugsweise etwas gegenüber der Verbindungslinie der beiden Rotationselemente geneigt angeordnet, um eine zuverlässige Drehung der Rotationselemente zu gewährleisten. Die beiden Rotationselemente drehen sich dann in der gleichen Richtung.

[0010] Alternativ kann der monomodale Resonator auch als Biegeschwinger ausgeführt sein. Um eine zuverlässige Drehung der beiden Rotationselemente zu gewährleisten, wird der Biegeschwinger etwas parallel versetzt zu der Verbindungslinie der beiden Rotationselemente angeordnet. Die beiden Rotationselemente werden dann mittels der gegenüberliegenden Reibelemente des Biegeschwingers in entgegengesetzter Richtung angetrieben.

[0011] Gemäß der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 wird der piezoelektrische Resonator als bimodaler Resonator ausgeführt. Einzelne Punkte des bimodalen Resonators können zweidimensionale kreisförmige oder elliptische Drehbewegungen ausführen. Die Richtung der Drehbewegung kann durch eine veränderte Schwingungsanregung mittels der elektrischen Anregungsmittel geändert werden. Somit läßt sich mittels des bimodalen Resonators die Drehrichtung der beiden Rotationselemente auf einfache Weise umkehren. Der bimodale Resonator ist vorzugsweise genau symmetrisch zwischen den beiden Rotationselementen angeordnet, wobei die Achse der Längsschwingung des bimodalen Resonators mit der Verbindungslinie zwischen den beiden Rotationselementen im wesentlichen übereinstimmt. Die Reibelemente des bimodalen Resonators führen ebenfalls elliptische oder kreisförmige Schwingungen aus und üben dabei jeweils eine einseitig gerichtete Reibkraft auf die Rotationselemente aus. Dadurch werden die beiden Rotationselemente in der gleichen Drehrichtung gedreht.

[0012] Gemäß Anspruch 6 ist die Antriebsvorrichtung vorzugsweise so ausgelegt, daß die beiden Reibelemente eine elliptische Bewegung ausführen. Mittels einer elliptischen Bewegung läßt sich eine besonders gute Reibkraft zwischen den Reibelementen und den Rotationselementen erzielen. Dies ist insbesondere dann

der Fall, wenn die Längssymmetrieachse der Ellipse geneigt zu der Verbindungslinie zwischen den beiden Rotationselementen verläuft. Mittels der Längssymmetrieachse der Ellipse läßt sich die Hauptbewegungsrichtung der Reibelemente einstellen. Damit wird es möglich, die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 7 zu realisieren. Gemäß dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung entspricht die Hauptbewegungsrichtung der Reibungselemente, d.h. die Bewegungsrichtung in Richtung der Längssymmetrieachse der Ellipse, im wesentlichen dem Reibungswinkel der Materialien des jeweiligen Rotationselementes und des jeweiligen Reibungselementes. Damit läßt sich eine Haftreibung zwischen den Reibungselementen und den Rotationselementen erzielen und somit ein optimaler Wirkungsgrad der Antriebsvorrichtung. Die höchste Haftreibungskraft läßt sich mittels der vorteilhaften Ausgestaltung nach Anspruch 8 realisieren. Ein besonders geeignetes Material mit einem Reibungswinkel von $28,8^\circ$ ist Aluminiumoxid gemäß Anspruch 9.

[0013] Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 4 läßt sich sehr einfach und kostengünstig realisieren. Mittels der gegenüber der piezoelektrischen Platte hervortretenden Antriebsstößel wird eine Hubvergrößerung der Schwingung der Reibelemente erzielt. Die Polarisierrichtung ist unter allen vier Elektroden der ersten Oberfläche gleich. Vorzugsweise können gemäß Anspruch 5 die Resonanzfrequenzen der beiden orthogonalen Schwingungen des bimodalen Resonators einander so weit angenähert werden, daß mit einer elektrisch eingepprägten Betriebsfrequenz die beiden orthogonalen Schwingungen mit ausreichender Amplitude und gewünschter Phasenlage angeregt werden. Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung müssen nur zwei der vier Elektroden sowie die gemeinsame Masselektrode gemäß Anspruch 4 mit einer Steuerelektronik gekoppelt werden. Die gesamte Steuerelektronik benötigt somit weniger Bauteile.

[0014] Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 10 sowie die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 11 sind insbesondere für Rasierapparate geeignet. Die Antriebsvorrichtung gemäß Anspruch 10 hat den Vorteil, daß die drei piezoelektrischen Antriebselemente und deren Antriebskräfte symmetrisch auf die drei Rotationselemente verteilt sind. Somit ist auch das Drehmoment der drei Rotationselemente gleich.

[0015] Die Antriebsvorrichtung gemäß Anspruch 11 hat den Vorteil, daß mit nur zwei piezoelektrischen Antriebselementen drei Rotationselemente antreibbar sind. Dadurch wird gegenüber der Antriebsvorrichtung gemäß Anspruch 10 ein piezoelektrisches Antriebselement eingespart. Dasjenige Rotationselement, daß mit beiden piezoelektrischen Antriebselementen gekoppelt ist, weist ein höheres Drehmoment als die anderen beiden Rotationselemente auf. Bei einem Einsatz in einem Rasierapparat ist dies jedoch kein Nachteil, da bei dieser Applikation die drei Rotationselemente nur gleiche

Drehzahlen aufweisen müssen. Dies ist auch bei der Antriebsvorrichtung gemäß Anspruch 11 gewährleistet. Vorzugsweise wird bei dieser Antriebsvorrichtung gemäß Anspruch 12 eines der drei Rotationselemente in einem Festlager angeordnet, und die anderen beiden Rotationselemente werden in einem schwimmenden Lager angeordnet. Unter Festlager wird ein Lager verstanden, welches nicht verschiebbar an dem Gehäuse der Antriebsvorrichtung eingebaut ist. Die schwimmenden Lager sind dagegen verschiebbar in dem Gehäuse der Antriebsvorrichtung angeordnet, beispielsweise in einem Langloch. Dadurch wird es möglich, die schwimmenden Lager gegen die piezoelektrischen Antriebselemente zu verspannen, beispielsweise mittels einer Feder, die zwischen dem Gehäuse und dem schwimmenden Lager gespannt wird und deren Federkraft über das schwimmende Lager an das jeweilige piezoelektrische Antriebselement weitergeleitet wird.

[0016] In entsprechender Weise kann gemäß Anspruch 13 die Lagerung bei einer Anordnung mit zwei Rotationselementen realisiert werden.

[0017] Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung in den Fig. 1 bis 7 näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematisch dargestellte Antriebsvorrichtung für zwei Antriebsachsen, wobei zwischen den beiden Antriebsachsen ein bimodaler piezoelektrischer Resonator mittels einer Vorspannkraft eingespannt ist,

Fig. 2 eine Seitenansicht des piezoelektrischen Resonators gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine schematisch dargestellte Antriebsvorrichtung für zwei Antriebsachsen, wobei zwischen den zwei Antriebsachsen ein monomodaler längsschwingender piezoelektrischer Resonator eingespannt ist,

Fig. 4 eine Antriebsvorrichtung für zwei Antriebsachsen, wobei zwischen den zwei Antriebsachsen ein monomodaler biegeschwingender piezoelektrischer Resonator mittels einer Vorspannkraft eingespannt ist,

Fig. 5 eine Antriebsvorrichtung für drei Antriebsachsen, wobei zwei piezoelektrische Resonatoren jeweils zwischen zwei der drei Antriebsachsen mittels einer Vorspannkraft eingespannt sind,

Fig. 6 eine Antriebsvorrichtung für drei Antriebsachsen, wobei drei piezoelektrische Resonatoren jeweils zwischen zwei der drei Antriebsachsen mittels einer Vorspannkraft eingespannt sind,

Fig. 7 einen Rasierapparat mit drei Schneidmessern, welche dreieckförmig angeordnet und mittels

jeweils einer Antriebsachse angetrieben werden, wobei für die drei Antriebsachsen eine Antriebsvorrichtung gemäß der Fig. 5 oder gemäß der Fig. 6 vorgesehen ist.

[0018] Fig. 1 zeigt eine Antriebsvorrichtung für zwei Rotationselemente. Als erstes Rotationselement ist eine erste Antriebsachse 1 und als zweites Rotationselement ist eine zweite Antriebsachse 2 vorgesehen. Die erste Antriebsachse 1 und die zweite Antriebsachse 2 sind beabstandet voneinander angeordnet. Zwischen der ersten Antriebsachse 1 und der zweiten Antriebsachse 2 ist ein piezoelektrisches Antriebselement 3 angeordnet. Das piezoelektrische Antriebselement 3 weist einen rechteckförmigen bimodalen piezoelektrischen Resonator 4 mit einer ersten Außenkante 4a, einer zweiten Außenkante 4b, einer dritten Außenkante 4c und einer vierten Außenkante 4d auf. Der piezoelektrische Resonator weist eine erste Elektrode 5a, eine zweite Elektrode 5b, eine dritte Elektrode 5c und eine vierte Elektrode 5d auf. Die vier Elektroden 5a, 5b, 5c und 5d sind auf eine erste Oberfläche 6 des piezoelektrischen Resonators 4 aufgebracht, beispielsweise mittels eines Siebdruckverfahrens. Die erste Elektrode 5a und die vierte Elektrode 5d sind mittels eines ersten Bonddrahtes 7 und die zweite Elektrode 5b und die dritte Elektrode 5c mittels eines zweiten Bonddrahtes 8 miteinander elektrisch verbunden. Die erste Elektrode 5a und die zweite Elektrode 5b sind mit einer elektrischen Steuereinheit 9 gekoppelt, mittels derer elektrische Signale zum Anregen einer Schwingung in dem piezoelektrischen Resonator 4 erzeugt werden. An der dritten Außenkante 4c ist mittig ein erster Antriebsstößel 10 befestigt, beispielsweise mittels einer Klebeverbindung. An der vierten Außenkante 5d ist mittig ein zweiter Antriebsstößel 11 befestigt, z.B. mittels einer Klebeverbindung. Der erste Antriebsstößel 10 und der zweite Antriebsstößel 11 bestehen vorzugsweise aus Aluminiumoxid.

[0019] Eine Seitenansicht des piezoelektrischen Resonators 4 ist in der Fig. 2 dargestellt. Der piezoelektrische Resonator 4 weist einen piezoelektrischen Grundkörper 12 mit der ersten Oberfläche 6 und einer zweiten Oberfläche 13 auf. Die zweite Oberfläche 13 ist vollständig mit einer Masselektrode 5e bedeckt. Die Masselektrode 5e ist ebenfalls auf nicht näher dargestellte Weise mit der Steuereinheit 9 gekoppelt. Die Polarisierungsrichtung des piezoelektrischen Grundkörpers 12 ist unter den vier Elektroden 5a, 5b, 5c und 5d der ersten Oberfläche 6 gleich. In Fig. 2 ist die Polarisierungsrichtung durch zwei Pfeile 14 angedeutet.

[0020] Der piezoelektrische Resonator 4 mit dem daran befestigten ersten Antriebsstößel 10 und dem zweiten Antriebsstößel 11 ist gemäß Fig. 1 zwischen der ersten Antriebsachse 1 und der zweiten Antriebsachse 2 mittels einer Vorspannkraft F eingespannt. Infolge dieser Vorspannkraft F wird der erste Antriebsstößel 10 gegen die erste Antriebsachse 1 und der zweite Antriebs-

stößel 11 gegen die zweite Antriebsachse 2 gedrückt. Die erste Antriebsachse 1 und die zweite Antriebsachse 2 sind mit einer Schicht aus Aluminiumoxid überzogen. Mittels der Steuereinheit 9, welche elektrische Signale

an die erste Elektrode 5a und die Masselektrode 5e sendet, kann der piezoelektrische Resonator 4 zu einer bimodalen Schwingung angeregt werden. Die Vorspannkraft F, die Geometrie des piezoelektrischen Resonators 4 sowie die Reibkoeffizienten zwischen dem ersten Antriebsstößel 10 und der ersten Antriebsachse 1 sowie zwischen dem zweiten Antriebsstößel 11 und der zweiten Antriebsachse 2 sind derart dimensioniert, daß der piezoelektrische Resonator 4, der erste Antriebsstößel 10 bzw. der zweite Antriebsstößel 11 eine elliptische Drehbewegung ausführen. Dabei üben der erste Antriebsstößel 10 und der zweite Antriebsstößel 11 eine Reibkraft auf die erste Antriebsachse 1 bzw. die zweite Antriebsachse 2 aus, wodurch die erste Antriebsachse 1 und die zweite Antriebsachse 2 gedreht werden. Da die Drehrichtung der elliptischen Drehbewegung des ersten Antriebsstößels 10 und des zweiten Antriebsstößels 11 gleich ist, werden die erste Antriebsachse 1 und die zweite Antriebsachse 2 mittels des schwingenden piezoelektrischen Resonators 4 in der gleichen Drehrichtung angetrieben. In der Fig. 1 ist eine erste Drehrichtung 15 dargestellt.

[0021] Durch Anlegen der Steuersignale der ersten Steuereinheit 9 an die zweite Elektrode 5b und die Masselektrode 5e läßt sich der piezoelektrische Resonator 4 auch zu einer elliptischen Schwingung anregen, die entgegengesetzt zu der in Fig. 1 dargestellten Schwingung gerichtet ist. Dementsprechend läßt sich mittels der Anordnung gemäß Fig. 1 auch eine entgegen der ersten Drehrichtung 15 gerichtete Drehung der Antriebsachsen erreichen. Eine Richtungsumkehr der Drehrichtung der ersten Antriebsachse 1 und der zweiten Antriebsachse 2 läßt sich somit allein mittels Änderung der Steuersignale der Steuereinheit 9 realisieren.

[0022] Der Reibungswinkel von Aluminiumoxid beträgt $28,8^\circ$. Die Vorspannkraft F, die Geometrie des piezoelektrischen Resonators 4 sind daher so dimensioniert, daß der erste Antriebsstößel 10 und der zweite Antriebsstößel 11 bei der elliptischen Drehbewegung im wesentlichen unter einem Winkel von $28,8^\circ$ gegen die erste Antriebsachse 1 bzw. die zweite Antriebsachse 2 stoßen. Somit entspricht die Stoßrichtung des ersten Antriebsstößels 10 und des zweiten Antriebsstößels 11 im wesentlichen dem Reibungswinkel. Bei optimaler Ansteuerspannung tritt Haftreibung zwischen dem ersten Antriebsstößel 10 und der ersten Antriebsachse 1 sowie dem zweiten Antriebsstößel 11 und der zweiten Antriebsachse 2 auf und dies führt zu einer optimalen Geschwindigkeit. Dies gewährleistet einen guten Wirkungsgrad der Antriebsvorrichtung.

[0023] Die Drehzahl und das Drehmoment der ersten Antriebsachse 1 und der zweiten Antriebsachse 2 können über die Amplitude der von der ersten Steuereinheit 9 gelieferten elektrischen Spannung und über die Vor-

spannkraft F verändert bzw. eingestellt werden.

[0024] Der genauere Aufbau sowie die verschiedenen Möglichkeiten der elektrischen Anregung des piezoelektrischen Resonators 4 sind in der EP 633 616 A2 beschrieben, deren Inhalt durch diese ausdrückliche Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung aufgenommen wird.

[0025] Fig. 3 zeigt eine Antriebsvorrichtung mit einer ersten Antriebsachse 20 und einer zweiten Antriebsachse 21. Zwischen der ersten Antriebsachse 20 und der zweiten Antriebsachse 21 ist ein monomodaler piezoelektrischer Resonator 22 angeordnet.

[0026] Der piezoelektrische Resonator 22 ist rechteckförmig und weist an der Oberseite eine erste Elektrode 23 sowie auf der Rückseite eine nicht näher dargestellte Masseelektrode auf. Die erste Elektrode 23 hat eine Form, die die Anregung von Längsschwingungen ermöglicht. Der piezoelektrische Resonator 22 ist als Längsschwinger ausgebildet. Der piezoelektrische Resonator 22 weist an seiner Stirnseite 24a einen ersten Antriebsstößel 25 sowie an der gegenüberliegenden Stirnseite 24b einen zweiten Antriebsstößel 26 auf. Der erste Antriebsstößel 25 und der zweite Antriebsstößel 26 sind an dem piezoelektrischen Resonator 22 mittels einer Klebeverbindung befestigt. Der piezoelektrische Resonator 22 wird mittels einer nicht näher dargestellten elektrischen Steuereinheit zu Längsschwingungen in Richtung des Doppelpfeiles 27 angeregt. Die Längssymmetrieachse 28 des piezoelektrischen Resonators 22 verläuft geneigt unter einem Winkel α zu der Verbindungslinie 29, welche die Mittelpunkte 20a und 21a der ersten Antriebsachse 20 und der zweiten Antriebsachse 21 verbindet. Der piezoelektrische Resonator 22 mit dem ersten Antriebsstößel 25 und dem zweiten Antriebsstößel 26 ist mittels einer Vorspannkraft F zwischen der ersten Antriebsachse 20 und der zweiten Antriebsachse 21 eingespannt. Im Schwingungsbetrieb üben der erste Antriebsstößel 25 und der zweite Antriebsstößel 26 Mikrostöße in Richtung des Doppelpfeiles 27 gegen die erste Antriebsachse 20 und die zweite Antriebsachse 21 aus, wodurch diese beide in der gleichen Drehrichtung 30 gedreht werden.

[0027] Fig. 4 zeigt eine Antriebsvorrichtung mit einer ersten Antriebsachse 31 und einer zweiten Antriebsachse 32. Die erste Achse 31 weist einen Mittelpunkt 31a und die zweite Achse 32 einen Mittelpunkt 32a auf. Zwischen der ersten Antriebsachse 31 und der zweiten Antriebsachse 32 ist ein rechteckförmiger piezoelektrischer Resonator 33 angeordnet. Der piezoelektrische Resonator 33 weist auf der Oberseite eine erste Elektrode 35 sowie auf der Unterseite eine nicht näher dargestellte Masseelektrode auf. Die erste Elektrode 35 hat eine Form, die die Anregung von Biegeschwingungen ermöglicht. Mittels einer nicht näher dargestellten Steuereinheit kann der piezoelektrische Resonator 33 zu Biegeschwingungen in Richtung des Doppelpfeiles 36 angeregt werden. Der piezoelektrische Resonator 33 weist an seiner Stirnseite 33a einen ersten Antriebsstößel 37 und an seiner Stirnseite 33b einen zweiten Antriebsstößel 38 auf. Die Längssymmetrieachse 39 des piezoelektrischen Resonators 33 ist parallel versetzt zu der Verbindungslinie 40 zwischen dem Mittelpunkt 31a der ersten Antriebsachse 31 und dem Mittelpunkt 32a der zweiten Antriebsachse 32 angeordnet.

[0028] Im Schwingungsbetrieb des piezoelektrischen Resonators 33 schwingt dieser zusammen mit dem ersten Antriebsstößel 37 und dem zweiten Antriebsstößel 38 in Richtung des Doppelpfeiles 36, wodurch der erste Antriebsstößel 37 Mikrostöße auf die erste Antriebsachse 31 und der zweite Antriebsstößel 38 Mikrostöße auf die zweite Antriebsachse 32 ausübt. Die erste Antriebsachse 31 wird dadurch in der ersten Drehrichtung 41 und die zweite Antriebsachse 32 in der entgegengesetzten Drehrichtung 42 gedreht.

[0029] Der piezoelektrische Resonator 33 ist mittels einer Vorspannkraft F in Richtung des Pfeiles 43 gegen die erste Antriebsachse 31 und die zweite Antriebsachse 32 verspannt.

[0030] Fig. 5 zeigt eine Antriebsvorrichtung mit einer ersten Antriebsachse 45, einer zweiten Antriebsachse 46 und einer dritten Antriebsachse 47, welche dreieckförmig angeordnet sind. Zwischen der ersten Antriebsachse 45 und der dritten Antriebsachse 47 ist ein erster piezoelektrischer Resonator 48 und zwischen der zweiten Antriebsachse 46 und der dritten Antriebsachse 47 ein zweiter piezoelektrischer Resonator 49 angeordnet. Der erste piezoelektrische Resonator 48 und der zweite piezoelektrische Resonator 49 sind als bimodale piezoelektrische Resonatoren entsprechend der in der Fig. 1 beschriebenen Ausführung ausgeführt. Die erste Antriebsachse 45 ist in einem ersten schwimmenden Lager 50, die zweite Antriebsachse 46 in einem zweiten schwimmenden Lager 51 und die dritte Antriebsachse 47 in einem Festlager 52 gelagert. Das erste schwimmende Lager 50 ist in einem Langloch 53 bewegbar gelagert und mittels einer Feder 54 in Richtung auf den ersten piezoelektrischen Resonator 48 verspannt. Das Langloch 53 befindet sich in einem nicht näher dargestellten Gehäuse der Antriebsvorrichtung. Das zweite schwimmende Lager 51 ist in einem Langloch 55 verschiebbar gelagert und mittels einer Feder 56 in Richtung auf den zweiten piezoelektrischen Resonator 49 verspannt. Das Festlager 52 ist fest an dem nicht näher dargestellten Gehäuse befestigt. Der erste piezoelektrische Resonator 48 weist einen ersten Antriebsstößel 48a auf, der an der ersten Antriebsachse 45 anliegt, und einen zweiten Antriebsstößel 48b, der an der dritten Antriebsachse 47 anliegt. Der zweite piezoelektrische Resonator 49 weist einen ersten Antriebsstößel 49a, der an der zweiten Antriebsachse 46 anliegt, und einen zweiten Antriebsstößel 49b, der an der dritten Antriebsachse 47 anliegt.

[0031] Die erste Antriebsachse 45 wird somit federnd mittels der Federkraft der Feder 54 gegen das erste piezoelektrische Element 48 gedrückt, wodurch das erste piezoelektrische Element 48 federnd zwischen der er-

sten Antriebsachse 45 und der dritten Antriebsachse 47 eingespannt ist. In entsprechender Weise ist der zweite piezoelektrische Resonator 49 mittels der Feder 56 federnd zwischen der zweiten Antriebsachse 46 und der dritten Antriebsachse 47 eingespannt.

[0032] Der erste piezoelektrische Resonator 48 und der zweite piezoelektrische Resonator 49 können mittels einer nicht näher dargestellten Steuereinheit zu elliptischen Schwingungen angeregt werden, wodurch die Antriebsstößel 48a, 48b, 49a und 49b eine Reibkraft auf die erste Antriebsachse 45, die zweite Antriebsachse 46 und die dritte Antriebsachse 47 ausüben. Die Drehrichtung der drei Antriebsachsen 45, 46 und 47 ist gleich und kann mittels der in der Fig. 5 nicht dargestellten Steuereinheit, wie zu Fig. 1 beschrieben, umgekehrt werden.

[0033] Die Drehgeschwindigkeit der drei Antriebsachsen 45, 46 und 47 ist im wesentlichen gleich. Da auf die dritte Antriebsachse 47 sowohl der erste piezoelektrische Resonator 48 als auch der zweite piezoelektrische Resonator 49 einwirkt, ist das verfügbare Drehmoment der dritten Antriebsachse 47 größer als das verfügbare Drehmoment der ersten Antriebsachse 45 und der zweiten Antriebsachse 46.

[0034] Fig. 6 zeigt eine Antriebsvorrichtung mit einer ersten Antriebsachse 60, einer zweiten Antriebsachse 61 und einer dritten Antriebsachse 62, welche dreieckförmig angeordnet sind. Die erste Antriebsachse 60 ist in einem schwimmenden Lager 63, die zweite Antriebsachse 61 in einem schwimmenden Lager 64 und die dritte Antriebsachse 62 in einem schwimmenden Lager 65 gelagert. Zwischen der ersten Antriebsachse 60 und der zweiten Antriebsachse 61 ist ein erster piezoelektrischer Resonator 66 angeordnet. Zwischen der ersten Antriebsachse 60 und der dritten Antriebsachse 62 ist ein zweiter piezoelektrischer Resonator 67 angeordnet. Zwischen der zweiten Antriebsachse 61 und der dritten Antriebsachse 62 ist ein dritter piezoelektrischer Resonator 68 angeordnet. Der erste piezoelektrische Resonator 66, der zweite piezoelektrische Resonator 67 und der dritte piezoelektrische Resonator 68 sind jeweils als bimodale piezoelektrische Resonatoren entsprechend der in der Fig. 1 beschriebenen Ausführungsart ausgeführt. Das schwimmende Lager 63 ist mittels einer Feder 69 gegen ein nicht näher dargestelltes Gehäuse vorgespannt. Das schwimmende Lager 64 ist mittels einer Feder 70 gegen das nicht näher dargestellte Gehäuse vorgespannt, und das schwimmende Lager 65 ist mittels einer Feder 71 gegen das nicht näher dargestellte Gehäuse vorgespannt. Somit ist der erste piezoelektrische Resonator 66 federnd zwischen der ersten Antriebsachse 60 und der zweiten Antriebsachse 61 eingespannt, der zweite piezoelektrische Resonator 67 ist federnd zwischen der ersten Antriebsachse 60 und der dritten Antriebsachse 62 eingespannt, und der dritte piezoelektrische Resonator 68 ist federnd zwischen der zweiten Antriebsachse 61 und der dritten Antriebsachse 62 eingespannt. Die drei piezoelektrischen Resonato-

ren 66, 67 und 68 können mittels einer nicht näher dargestellten Steuereinheit, wie zu Fig. 1 beschrieben, zu elliptischen Schwingungen angeregt werden, wodurch die erste Antriebsachse 60, die zweite Antriebsachse 61 und die dritte Antriebsachse 62 in der gleichen Drehrichtung angetrieben werden. Eine Drehrichtungsumkehr ist mittels der elektrischen Ansteuerung einfach zu realisieren. Infolge der vollständigen symmetrischen Anordnung der Antriebsvorrichtung gemäß Fig. 6 ist sowohl das verfügbare Drehmoment als auch die Drehzahl der drei Antriebsachsen 60, 61 und 62 gleich.

[0035] Fig. 7 zeigt einen Rasierapparat 72 mit einem ersten Scherkopf 73, einem zweiten Scherkopf 74 und einem dritten Scherkopf 75. Der erste Scherkopf 73, der zweite Scherkopf 74 und der dritte Scherkopf 75 werden mittels einer Antriebsvorrichtung gemäß Fig. 5 oder einer Antriebsvorrichtung gemäß Fig. 6 angetrieben.

20 Patentansprüche

1. Antriebsvorrichtung für wenigstens zwei Rotationselemente mit wenigstens einem piezoelektrischen Antriebselement, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Antriebselement einen piezoelektrischen Resonator und wenigstens zwei an dem piezoelektrischen Resonator angeordnete und einander gegenüberliegende Reibelemente aufweist, daß der piezoelektrische Resonator mit den Reibelementen zwischen den zwei Rotationselementen angeordnet und mittels einer Vorspannkraft eingespannt ist, daß jeweils eines der Reibelemente gegen jeweils eines der Rotationselemente drückt und daß elektrische Mittel zum Anregen einer Schwingung des piezoelektrischen Resonators vorgesehen sind.
2. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Resonator als monomodaler Resonator ausgeführt ist.
3. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Resonator als bimodaler Resonator ausgeführt ist.
4. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Antriebselement eine im wesentlichen rechteckförmige piezoelektrische Platte mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche aufweist, daß die erste Oberfläche wenigstens vier Elektroden und die zweite Oberfläche wenigstens eine Elektrode aufweist, daß in jedem Quadranten der ersten Oberfläche jeweils eine Elektrode angeordnet ist und daß die Reibelemente als gegenüber der piezoelektrischen Platte hervortretende Antriebsstößel ausgebildet sind.

5. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie des piezoelektrischen Resonators derart gewählt ist, daß die beiden Resonanzfrequenzen des piezoelektrischen Resonators so nahe beieinander liegen, daß bei elektrischer Anregung der einen Resonanzfrequenz die andere Resonanzfrequenz mitangeregt wird.
6. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspannkraft, die Geometrie des piezoelektrischen Resonators und die Reibkoeffizienten zwischen den Reibelementen und den Rotationselementen derart dimensioniert sind, daß die beiden Reibelemente eine im wesentlichen elliptische Bewegung ausführen, wobei die Längssymmetrieachse der Ellipse geneigt zu der Verbindungslinie zwischen den beiden Rotationselementen verläuft.
7. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspannkraft, die Geometrie des piezoelektrischen Resonators und die Reibkoeffizienten zwischen den Reibelementen und den Rotationselementen derart dimensioniert sind, daß die Hauptbewegungsrichtung der Reibungselemente im wesentlichen dem Reibungswinkel zwischen den Rotationselementen und den Reibungselementen entspricht.
8. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialien der Rotationselemente und der Reibungselemente so gewählt sind, daß der Reibungswinkel in einem Bereich zwischen 15° und 35° liegt.
9. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibelemente und/oder die Oberflächen der Rotationselemente aus Aluminiumoxid bestehen.
10. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Rotationselemente vorgesehen sind, die dreieckförmig angeordnet sind, und daß drei piezoelektrische Antriebselemente vorgesehen sind, die jeweils zwischen zwei der drei Rotationselemente angeordnet und mittels einer Vorspannkraft eingespannt sind.
11. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Rotationselemente vorgesehen sind, die dreieckförmig angeordnet sind, und daß zwei piezoelektrische Antriebselemente vorgesehen sind, die jeweils zwischen zwei der drei Rotationselemente angeordnet und mittels einer Vorspannkraft eingespannt sind.
12. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eines der drei Rotationselemente in einem Festlager und die anderen beiden Rotationselemente in jeweils einem schwimmenden Lager angeordnet sind, daß die beiden piezoelektrischen Antriebselemente jeweils zwischen dem in dem Festlager angeordneten Rotationselement und einem der in den schwimmenden Lagern angeordneten Rotationselemente angeordnet sind und daß die schwimmenden Lager gegen das jeweilige piezoelektrische Antriebselement mittels einer Vorspannkraft vorgespannt sind.
13. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rotationselement in einem Festlager angeordnet ist und das andere Rotationselement in einem schwimmenden Lager angeordnet ist, wobei das schwimmende Lager gegen das piezoelektrische Antriebselement mittels einer Vorspannkraft vorgespannt ist.
14. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Längen-Breiten-Verhältnis der piezoelektrischen Platte in einem Bereich zwischen 1:3 und 1:4 liegt.
15. Rasierapparat mit einer Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1.
16. Elektrisches Haushaltsgerät mit einer Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1.

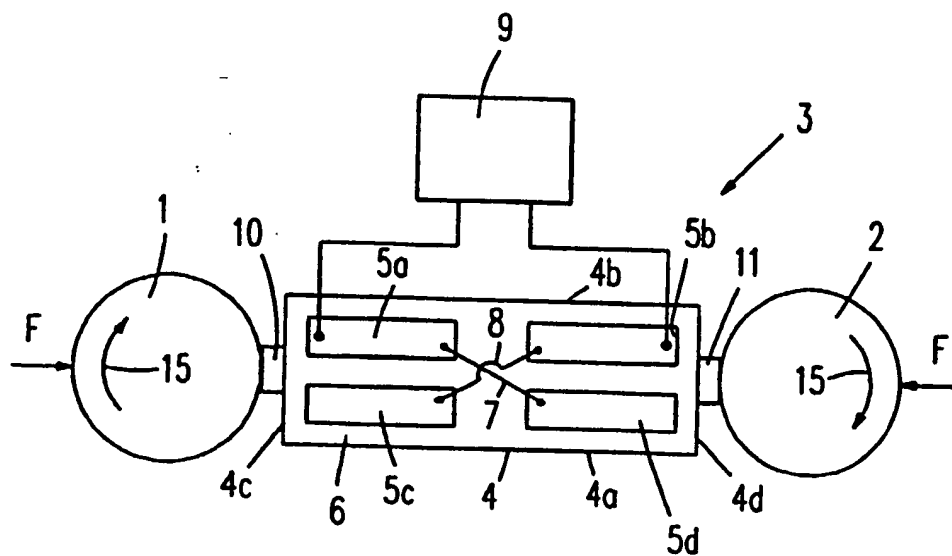


FIG. 1

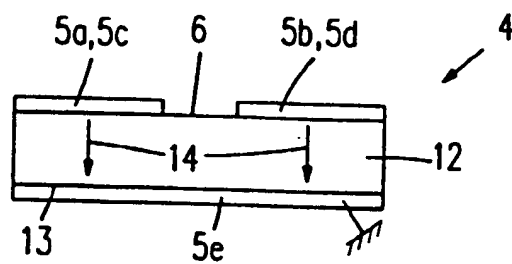


FIG. 2

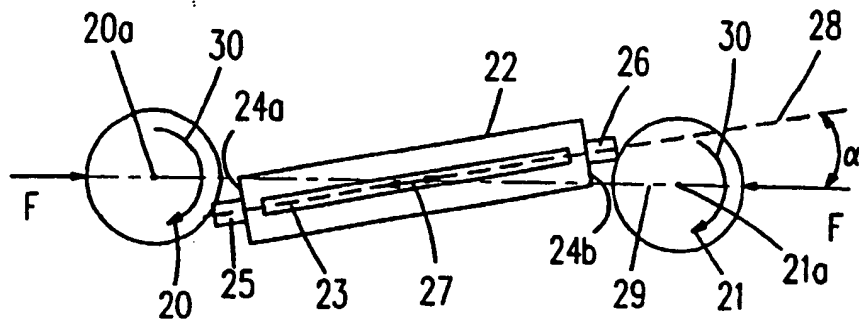


FIG. 3

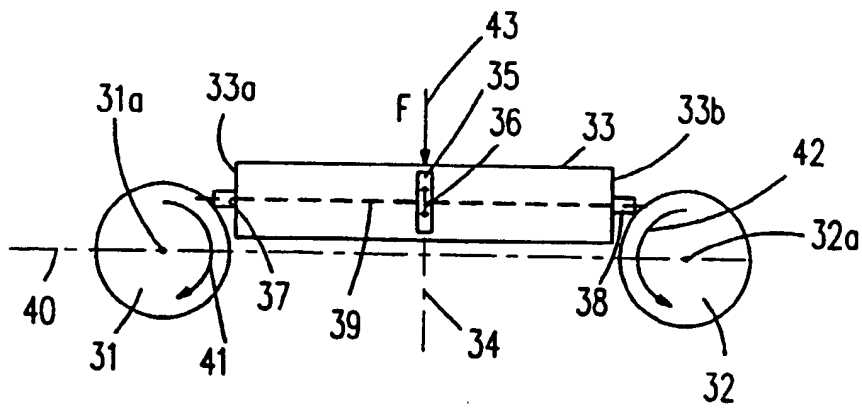


FIG. 4

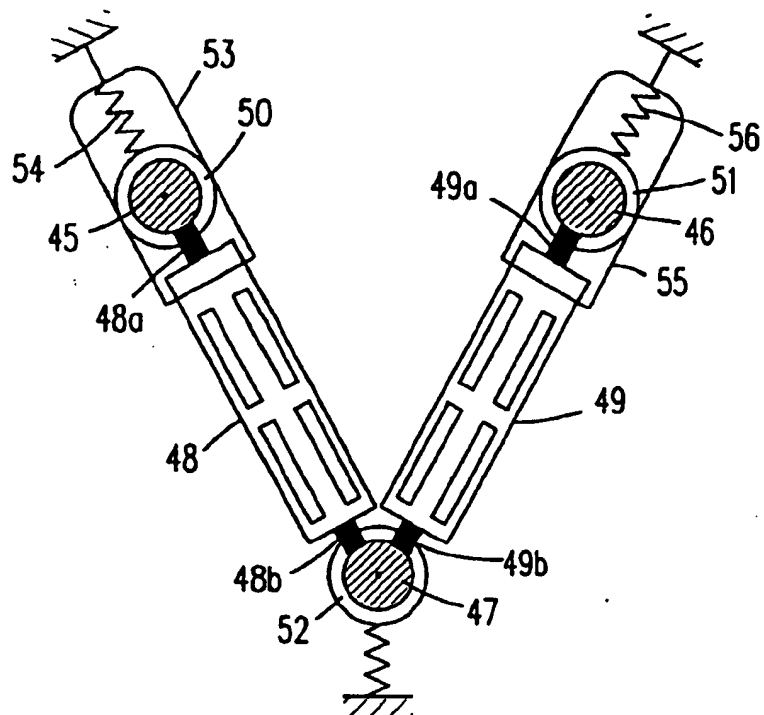


FIG. 5

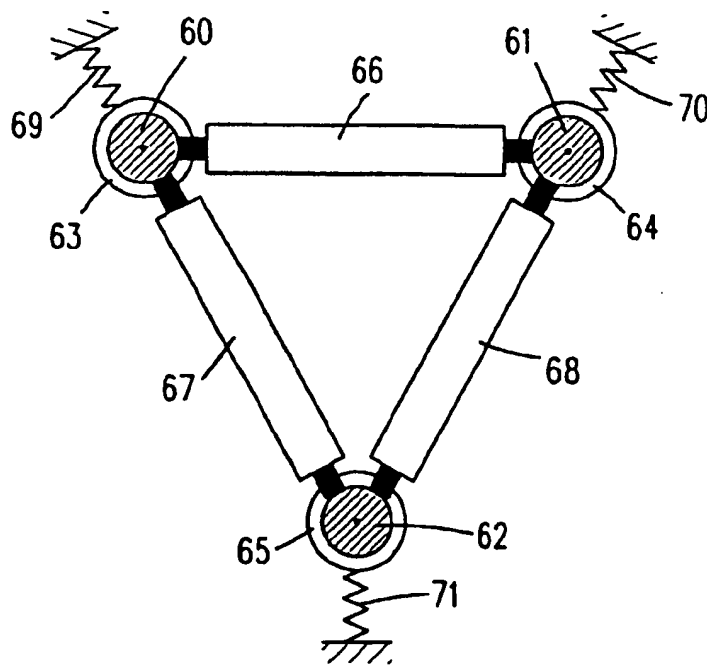


FIG. 6

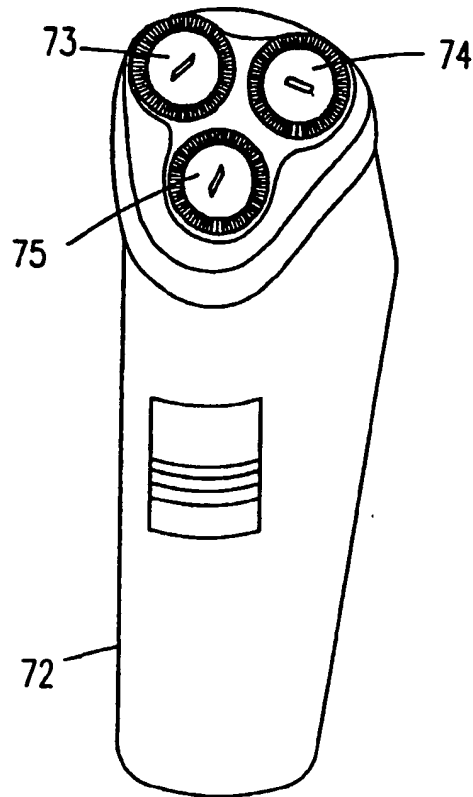


FIG. 7